

A method of producing an unrecrystallized aluminum based thin gauge flat rolled, heat treated product.**Publication number:** DE68927149T**Publication date:** 1997-04-03**Inventor:** CHO ALEX (US)**Applicant:** ALUMINUM CO OF AMERICA (US)**Classification:****- international:** C22C21/10; C22F1/00; C22F1/04; C22F1/053; C22F1/057; C22C21/10; C22F1/00; C22F1/04; C22F1/053; C22F1/057; (IPC1-7): C22F1/04; C22C21/10; C22F1/053**- European:** C22C21/10; C22F1/04; C22F1/053; C22F1/057**Application number:** DE19896027149T 19891010**Priority number(s):** US19880256520 19881012; US19880256521 19881012; US19880256840 19881012**Also published as:**

EP0368005 (A1)

JP2194153 (A)

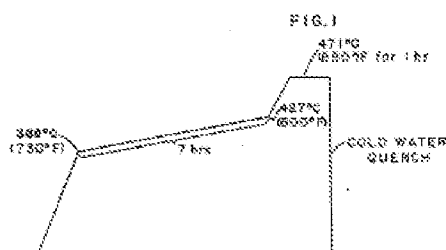
EP0368005 (B1)

Report a data error here

Abstract not available for DE68927149T

Abstract of corresponding document: **EP0368005**

A treatment of aluminum alloy produces an unrecrystallized Al-Zn-Mg thin gauge flat rolled product having improved levels of strength and fracture toughness. The method comprises providing a body of a Zn-Mg containing aluminum base alloy, working the body to a flat rolled product and then subjecting the product to a ramp anneal followed by solution heat treating, quenching and aging as shown in Fig. 1. The rolled product may be subjected to an isothermal soak before annealing. The working may comprise intermediate heat treating.



Data supplied from the esp@cenet database - Worldwide



①9 BUNDESREPUBLIK
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES
PATENTAMT

⑫ Übersetzung der
europäischen Patentschrift

⑧7 EP 0 368 005 B1

⑩ DE 689 27 149 T 2

⑤1 Int. Cl.⁶:
C 22 F 1/04
C 22 F 1/053
C 22 C 21/10

②1 Deutsches Aktenzeichen:	689 27 149.2
⑧6 Europäisches Aktenzeichen:	89 118 810.4
⑧6 Europäischer Anmeldetag:	10. 10. 89
⑧7 Erstveröffentlichung durch das EPA:	16. 5. 90
⑧7 Veröffentlichungstag der Patenterteilung beim EPA:	11. 9. 96
④7 Veröffentlichungstag im Patentblatt:	3. 4. 97

③0 Unionspriorität: ③2 ③3 ③1
12.10.88 US 256520 12.10.88 US 256521
12.10.88 US 256840

⑦3 Patentinhaber:
Aluminum Company of America, Pittsburgh, Pa., US

⑦4 Vertreter:
derzeit kein Vertreter bestellt

⑧4 Benannte Vertragsstaaten:
DE, FR, GB

⑦2 Erfinder:
Cho, Alex, Richmond Virginia 23233, US

⑤4 Verfahren zur Herstellung eines nichtkristallisierten, flachgewalzten, dünnen, wärmebehandelten Produktes auf Aluminiumbasis

Anmerkung: Innerhalb von neun Monaten nach der Bekanntmachung des Hinweises auf die Erteilung des europäischen Patents kann jedermann beim Europäischen Patentamt gegen das erteilte europäische Patent Einspruch einlegen. Der Einspruch ist schriftlich einzureichen und zu begründen. Er gilt erst als eingelegt, wenn die Einspruchsgebühr entrichtet worden ist (Art. 99 (1) Europäisches Patentübereinkommen).

Die Übersetzung ist gemäß Artikel II § 3 Abs. 1 IntPatÜG 1991 vom Patentinhaber eingereicht worden. Sie wurde vom Deutschen Patentamt inhaltlich nicht geprüft.

DE 689 27 149 T 2

DE 689 27 149 T 2

Die vorliegende Erfindung betrifft das Behandeln von Legierungen, wie beispielsweise Legierungen der Reihen AA2000, 6000 und 7000 und spezieller die thermische oder thermomechanische Behandlung derartiger Legierungen zur Verbesserung der Festigkeit und Bruchzähigkeit in beispielsweise Feinblech.

Seit vielen Jahren wurden Legierungen der Reihen 7000 bei Anwendungen im Weltraum wegen der hohen Festigkeit und Bruchzähigkeit eingesetzt. Diese Legierungen können auf sehr hohe Festigkeiten, beispielsweise unter der T6-Härtungsbedingung, alterungsgehärtet werden. Außerdem lassen sich die Festigkeiten dieser Legierungen durch Erhöhung des Gehalts an gelöstem Stoff verbessern. Die Erhöhung der Festigkeit dieser Legierungen erlaubt den Konstrukteuren die Herabsetzung der Masse des Flugzeugs, indem die Dicke der lasttragenden Bauelemente verringert wird, wie beispielsweise die obere Tragflächenhaut. Derartige Bauelemente müssen (und fordern) eine relativ hohe Bruchzähigkeit sowie eine hohe Festigkeit aufweisen, um einsetzbar zu sein. Verschiedene Quellen geben an, daß Blech mit nichtrekristallisierter Struktur eine höhere Zähigkeit entwickelt als Blech mit einer rekristallisierten Struktur. Dem Fachmann ist bekannt, daß sich die Aluminiumlegierung beim Halten der Walztemperatur auf einem hohen Wert, normalerweise oberhalb von etwa 399 °C (750 °F), dynamisch mit einer feinen Subkornstruktur erholen kann, normalerweise etwa 1 ... 2 Mikrometer. Diese dynamisch erholte Struktur ist während der Lösungsglühbehandlung gegenüber Rekristallisation beständig. In dem Maße jedoch wie die erhöhte Festigkeit und Bruchzähigkeit die Verwendung dünnerer Blechstärken erlauben, ermöglichen die früheren Fertigungsverfahren und thermomechanischen Praktiken oftmals nicht die Herstellung solcher Produkte mit einer nichtrekristallisierten Struktur, und zwar weil die Walztemperatur mit abnehmender Blechdicke zum Abfallen tendiert.

Der Stand der Technik lehrt, wie eine rekristallisierte Kornstruktur erzielt wird, nicht jedoch wie eine nicht-rekristallisierte Struktur erzielt wird. Im Stand der Technik offenbart die US-P-4 092 181 eine Methode, um Aluminiumlegierungen mit ausscheidenden Bestandteilen eine rekristallisierte Feinkornstruktur zu verleihen. Mit der Methode wird Aluminiumlegierungen mit ausscheidenden Bestandteilen eine Feinkornstruktur verliehen. Die Legierung wird zunächst zur Auflösung der ausscheidenden Bestandteile in der Legierung auf eine Temperatur der festen Lösung erhitzt. Sodann wird die Legierung unterhalb der Lösungstemperatur, vorzugsweise durch Abschrecken in Wasser, gekühlt und danach unter Bildung von Ausscheidungen durch Erhitzen oberhalb der Ausscheidungshärtungstemperatur der Legierung, jedoch unterhalb ihrer Lösungsbehandlungstemperatur überaltert. Durch ihre plastische Verformung bei oder unterhalb der verwendeten Überalterungstemperatur wird in die Legierung eine Formänderungsarbeit eingetragen. Sodann wird die Legierung bei einer Rekristallisationstemperatur gehalten, so daß die neuen Körner durch die überalterten Ausscheidungen zur Kristallisationskeimbildung gelangen, wobei die Entwicklung dieser Körner zu einer Rekristallisierten Feinkornstruktur führt. Diese Struktur läßt sich zum Herbeiführen superplastischer Eigenschaften verwenden, wird jedoch eine geringere Zähigkeit liefern, als eine nichtrekristallisierte Struktur.

Die EP-A-0 266 741 offenbart ein Verfahren zum Erzeugen von nichtrekristallisierten Aluminium-Lithium-Knetprodukten mit verbesserten Werten für Festigkeit und Bruchzähigkeit, umfassend die Schritte der Bereitstellung einer Masse bzw. eines Körpers einer Lithium enthaltenden Legierung auf Aluminiumbasis, sowie Erhitzen und Warmwalzen des Körpers zu einem Knetprodukt. Das Produkt wird zu einem zweiten Knetprodukt kaltverformt oder kaltgewalzt und sodann unter Vermeidung einer weitgehenden Rekristallisation in einer Rampenglühbehandlung erneut erhitzt und warmgewalzt und zur Schaffung eines weitgehend nichtrekristallisierten Produkts

einer Lösungsglühbehandlung, einem Abschrecken und einer Alterung unterzogen.

Die WO-A-80/0071 offenbart nichtrekristallisierte Aluminiumlegierungen der Serie 7000, die durch Warmverformung eines Körpers der Legierung zur Schaffung eines Knetprodukts hergestellt werden, wobei die Rekristallisation auf ein Minimum gehalten wird. Das Knetprodukt wird einer Lösungsglühbehandlung unterzogen und bei erhöhter Temperatur abgeschreckt und gealtert, wobei es keine Offenbarung für ein Rampenglühen gibt.

Dazu im Gegensatz gewährt die vorliegende Erfindung verbesserte Methoden zur thermischen oder thermomechanischen Bearbeitung, die verbesserte flachgewalzte Produkte ermöglichen, speziell Feinblech und Blech aus Aluminiumlegierungen der Reihe 7000 mit einer weitgehend nichtrekristallisierten Struktur, die dem Blech verbesserte Kombinationen von Festigkeit und Bruchzähigkeit verleiht.

Gemäß der vorliegenden Erfindung wird ein Verfahren zum Erzeugen eines nichtrekristallisierten, wärmebehandelten, dünnen, flachgewalzten Produktes auf Aluminiumbasis mit verbesserten Werten der Festigkeit und Bruchzähigkeit gewährt, welches Verfahren die Schritte umfaßt:

(a) Bereitstellen eines Körpers einer wärmebehandlungsfähigen Legierung auf Aluminiumbasis vom Typ der Reihen 7.000, 6.000 oder 2.000, die kein zugesetztes Lithium enthält;

(b) Bearbeiten des Körpers zu einem Knetprodukt;

(c) das Produkt einer Rampenglühbehandlung unterziehen;
und

(d) Lösungsglühen, Abschrecken und Altern des auf Fertigdicke flachgewalzten Produktes, um ein weitgehend nichtrekristallisiertes Produkt mit verbesserten Werten der Festigkeit und Bruchzähigkeit zu schaffen.

Nach der vorliegenden Erfindung wird ebenfalls ein Verfahren zum Erzeugen eines nichtrekristallisierten Knetlegierungsproduktes auf Aluminiumbasis mit verbesserten Werten von Festigkeit und Bruchzähigkeit gewährt, welches Verfahren die Schritte umfaßt:

(a) Bereitstellen eines Körpers einer wärmebehandlungs-fähigen Legierung auf Aluminiumbasis vom Typ der Reihen 7.000, 6.000 oder 2.000, die kein zugesetztes Lithium enthält;

(b) Bearbeiten des Körpers zu einem Knetprodukt;

(c) das Produkt einem isothermen Durchwärmen unterziehen;

(d) sodann das Produkt einer Rampenglühbehandlung unterziehen, bei der die Glühtemperatur während der Glühdauer erhöht wird; und

(e) Lösungsglühen, Abschrecken und Altern des Produktes, um ein weitgehend nichtrekristallisiertes Knetprodukt mit verbesserten Werten der Festigkeit und Bruchzähigkeit zu schaffen.

Gemäß der vorliegenden Erfindung wird ferner ein Verfahren zum Erzeugen eines nichtrekristallisierten, wärmebehandelten Knetlegierungsproduktes auf Aluminiumbasis mit verbesserten Werten von Festigkeit und Bruchzähigkeit gewährt, welches Verfahren die Schritte umfaßt:

(a) Bereitstellen eines Körpers einer wärmebehandlungs-fähigen Legierung auf Aluminiumbasis vom Typ der Reihen 7.000, 6.000 oder 2.000, die kein zugesetztes Lithium enthält;

(b) Warm(um)formen des Körpers zu einem ersten Knetprodukt;

(c) Wiedererwärmen des ersten Knetproduktes;

(d) Kühlen des ersten Knetproduktes;

(e) Wärmebehandeln des ersten Knetproduktes;

(f) weiteres Warmformen des ersten Knetproduktes, um ein zweites Knetprodukt zu erzeugen; und

(g) Lösungsglühen, Abschrecken und Altern des zweiten Knetproduktes, um ein weitgehend nichtrekristallisiertes Produkt mit verbesserten Werten der Festigkeit und Bruchzähigkeit zu schaffen.

In den Bildern zeigen:

Fig. 1 ein Diagramm für eine erfindungsgemäße Rampenglühbehandlung;

Fig. 2 ein Diagramm für eine erfindungsgemäße Rampenglühbehandlung;

Fig. 3 eine schematische Darstellung der Schritte in

dem erfindungsgemäßen Verfahren zum Erzeugen von dünnem, nichtrekristallisierten Blech;

Fig. 4 eine schematische Darstellung der Schritte in dem erfindungsgemäßen Verfahren zum Erzeugen von dünnem, nichtrekristallisierten Blech;

Legierungen auf Aluminiumbasis, die sich für die thermomechanische Bearbeitung nach der vorliegenden Erfindung eignen, umfassen die Reihen "Aluminum Association 7000". Diese Legierungen schließen beispielsweise ein: 7050, 7150, 7075, 7475, 7049 und 7039.

Diese Legierungen auf Aluminiumbasis enthalten normalerweise 1,0 % ... 12,0 Gewichtsprozent Zn, 0,5 % ... 4,0 Gewichtsprozent Mg, max. 3,0 Gewichtsprozent Cu, max. 1,0 Gewichtsprozent Mn, max. 0,5 Gewichtsprozent jeweils Si, Fe, Cr, Ti, Zr, Sc und Hf, Rest Aluminium, zusätzliche Elemente und Verunreinigungen. Diese Legierungen können bezeichnet werden als Al-Zn-Mg- oder Al-Zn-Cu-Mg-Typ. Legierungen, die auf die erfindungsgemäße thermomechanische Bearbeitung besser anzusprechen scheinen, enthalten höhere Mengen Zink, vorzugsweise 7,0 % ... 12,0 Gewichtsprozent Zn, wobei eine typische Konzentration bei 8,0 % ... 11,0 Gewichtsprozent liegt. Bei diesen Zinkwerten kann Magnesium im Bereich von 0,2 % ... 3,5 % und vorzugsweise 0,4 % ... 3,0 Gewichtsprozent liegen. Auch Kupfer kann bei höheren Konzentrationen von Zink im Bereich von 0,5 % ... 3,0 Gewichtsprozent und vorzugsweise 1,0 % ... 3,0 Gewichtsprozent liegen. Diese Legierungselemente können in bestimmten Fällen höhere Konzentrationen aufweisen, jedoch können die daraus resultierenden Legierungen über eine geringe Bruchzähigkeit verfügen. In bestimmten Fällen können andere Bereiche von Legierungselementen bevorzugt sein, beispielsweise kann Zn im Bereich von 7,0 % ... 9,0 Gewichtsprozent, Mg bei 1,5 % ... 2,5 Gewichtsprozent, Cu bei 1,9 % ... 2,7 Gewichtsprozent, Zr bei 0,08 % ... 0,14 Gewichtsprozent liegen, wobei Verunreinigungen wie beispielsweise Fe und Si weniger sind als 0,3 Gewichtsprozent. Die Zusammensetzungsgrenzen für 7050 und

7150 der Aluminum Association liegen bei: 5,7 % ... 6,9 Gewichtsprozent Zn, 1,9 % ... 2,7 Gewichtsprozent Mg, 1,9 % ... 2,6 Gewichtsprozent Cu, 0,05 % ... 0,15 Gewichtsprozent Zr, max. 0,12 Gewichtsprozent Si, max. 0,15 Gewichtsprozent Fe, max. 0,10 Gewichtsprozent Mn, max. 0,06 Gewichtsprozent Ti, max. 0,04 % Cr, Rest Aluminium und zusätzliche Elemente und Verunreinigungen.

Obgleich die Aluminiumlegierungen der Reihen AA7000 im Detail beschrieben wurden, wird davon ausgegangen, daß sich die Erfindung auf andere wärmebehandlungsfähige Legierungen anwenden läßt, die kein zusätzlich zugegebenes Lithium enthalten, wie beispielsweise die Aluminiumlegierungen der Reihen AA2000 und 6000. Somit sind typische Legierungen der Reihen AA2000, die mit einbezogen werden können: AA2024, 2124, 2324, 2219, 2519, 2014, 2618, 2034 und typischerweise die Legierungen der Reihen AA6000 mit 6061 und 6013. Aus diesen Legierungen erzeugte Produkte haben einen Sauerstoffgehalt unterhalb von 0,1 Gewichtsprozent. Ferner sind die Produkte, z.B. flachgewalzte Produkte, weitgehend frei von einer Gußstruktur.

Um die am meisten erstrebenswerten Merkmale sowohl der Festigkeit als auch der Bruchzähigkeit zu schaffen, wird außer der Schaffung des Legierungsproduktes mit kontrollierten Mengen von Legierungselementen entsprechend der Beschreibung hierin bevorzugt, daß die Legierung nach speziellen Verfahrensschritten hergestellt wird. So läßt sich die hierin beschriebene Legierung als Block oder Knüppel zur Weiterverarbeitung zu einem geeigneten Knetprodukt durch Gießverfahren erzeugen, wie sie derzeit auf dem Gebiet von Gießprodukten zum Einsatz gelangen, wobei ein Stranggießen bevorzugt wird. Der Block oder Knüppel kann zuvor bearbeitet oder verformt werden, um ein geeignetes Ausgangsmaterial für die nachfolgenden Bearbeitungsoperationen zu schaffen. Vor dem Hauptbearbeitungsschritt wird des Legierungsmaterial vorzugsweise einer Homogenisierung unterzogen und vorzugsweise bei Metalltemperaturen im Bereich von 454 °C ... 566 °C (850 °F ... 1.050 °F) für eine Dauer

von mindestens einer Stunde, um die löslichen Elemente aufzulösen und die innere Struktur des Metall zu homogenisieren. Eine bevorzugte Dauer liegt im Temperaturbereich der Homogenisierung bei etwa 20 Stunden oder darüber. Normalerweise braucht die Aufwärmung und Homogenisierungsbehandlung nicht über mehr als 40 Stunden ausgedehnt zu werden, wobei jedoch längere Zeiten in der Regel nicht schädlich sind. Eine Dauer von 20 bis 40 Stunden bei der Homogenisierungstemperatur hat sich als durchaus geeignet erwiesen.

Zur Erzeugung eines nichtrekristallisierten, flachgewalzten Produktes kann nach einem Aspekt der vorliegenden Erfindung der Block zu einem Produkt mit Fertigdicke gewalzt werden. Sodann wird das Produkt einer Glühbehandlung unterzogen, wobei die Glühtemperatur mit der Dauer der Glühbehandlung erhöht wird und hierin als eine Rampenglühbehandlung bezeichnet wird. Bei der Ausführung der Glühbehandlung kann die Ausgangstemperatur bis zu 399 °C (750 °F) betragen und wird danach im Verlaufe der Glühdauer auf Temperaturen oberhalb von 399 °C (750 °F), z.B. 454 °C (850 °F), erhöht. In bezug auf höhere Ausgangstemperaturen liegt eine typische Ausgangstemperatur bei 388 °C (730 °F), wobei die Temperatur im Verlaufe der Zeit auf etwa 427 °C (800 °F) erhöht werden kann. Bei Verwendung niedrigerer Rampenglühtemperaturen überschreiten die Ausgangstemperaturen in der Regel 288 °C (550 °F) nicht, normalerweise 204 °C (400 °F) mit einer typischen Ausgangstemperatur im Bereich von 177 °C ... 232 °C (350 °F ... 450 °F) und einer Endtemperatur im Bereich von 343 °C ... 454 °C (650 °F ... 850 °F). Typische Endtemperaturen liegen im Bereich von 399 °C ... 454 °C (740 °F ... 850 °F), was von der Legierungszusammensetzung abhängt. In der Rampenglühbehandlung kann die Temperatur mit einer Geschwindigkeit von 1,1 °C auf 55,6 °C/h (2 °F ... 100 °F/h) erhöht werden und vorzugsweise mit einer Geschwindigkeit von 2,8 °C ... 44,4 °C/h (5 °F ... 80 °F/h). Die Zeit vom Beginn bis zum Ende der Rampenglühbehandlung kann im Bereich von 3 bis etwa 10 Stunden liegen, wobei typische Zeiten im Bereich von

2 bis 8 Stunden liegen. Die Rampenglühbehandlung kann eine Reihe von erhöhten Temperaturen mit einer Haltetemperatur bei einem Temperaturplateau oder einer Reihe von Plateaus einschließen. Außerdem kann sie sogar Temperaturerhöhungen einschließen, denen Temperaturabfälle folgen, bis die abschließende Endtemperatur erreicht ist. Außerdem kann es Halteplateaus bei jeder beliebigen oder mehreren Temperaturniveaus geben. Es wird davon ausgegangen, daß in einigen Fällen ein unabhängiges Lösungsglühbehandeln nicht notwendig sein wird, wenn die Glühtemperatur höher ansteigt, kann aber anstelle dessen als Bestandteil entsprechend der Darstellungen in Fig. 1 und 2 als Teil der Rampenglühbehandlung einbezogen werden, oder das Produkt kann gekühlt und eine separate Lösungsglühbehandlung, Abschrecken und Alterung ausgeführt werden.

In einem zweiten Aspekt der Erfindung kann der Block zur Erzeugung eines nichtrekristallisierten Produktes direkt bis zur Fertigdicke des Bleches oder der Folie gewalzt werden, bevor ein isothermes Durchwärmen und die Rampenglühbehandlung gemäß der vorliegenden Erfindung erfolgen. Somit wird zur erfindungsgemäßen Schaffung eines Folien-Erzeugnisses oder eines Bleches, speziell eines Feinblechproduktes, das Produkt einer Durchwärmtemperatur oder isothermen Durchwärmbehandlung unterzogen. Das isotherme Durchwärmen kann somit bei einer Temperatur bis herab zu 121 °C (250 °F) ausgeführt werden, normalerweise jedoch bei einer Temperatur oberhalb von 135 °C (275 °F) und typischerweise im Bereich von 149 °C ... 260 °C (300 °F ... 500 °F). Das Durchwärmen kann für eine Dauer von wenigen Stunden, z.B. 3 Stunden, speziell wenn die Temperatur hoch ist, erfolgen und auf 24 Stunden oder mehr ausgedehnt werden. Normalerweise liegen die Durchwärmzeiten bei 4 ... 20 Stunden. Danach wird das flachgewalzte Produkt einer Rampenglühbehandlung unterzogen, bei der die Glühtemperatur in Abhängigkeit von der Glühdauer erhöht wird und sorgfältig geregelt wird, bis sie eine höhere Endtemperatur erreicht. Vorzugsweise liegen die Endtemperaturen im Bereich von 343 °C oder 371 °C ... 482 °C

(650 °F oder 700 °F ... 900 °F). Die Ausgangstemperatur kann in einigen Fällen irgendwo von etwa 38 °C (100 °F) oder sogar Außentemperatur bis zu 399 °C (750 °F) liegen. Normalerweise wird die Ausgangstemperatur im Bereich von 121 °C ... 388 °C (250 °F...730 °F) liegen, wobei die bevorzugten Ausgangstemperaturen unterhalb von 149 °C (300 °F) liegen, normalerweise jedoch im Bereich von 149 °C ... 260 °C (300 °F ... 500 °F). Von der Ausgangstemperatur bis zur Endtemperatur kann die Temperatur in einer kontrollierten Geschwindigkeit erhöht werden, z.B. mit einer Geschwindigkeit von 1,1 °C ... 69,4 °C/h (2 °F ... 125 °F/h) und vorzugsweise mit einer Geschwindigkeit von 2,8 °C ... 44,4 °C/h (5 °F ... 80 °F/h). Die Rampenglühbehandlung kann eine Reihe von Temperaturerhöhungen mit einer Haltedauer auf Temperaturplateau oder einer Reihe von Plateaus einschließen. Ferner kann sie sogar Temperaturerhöhungen gefolgt von Temperaturabfällen einschließen, bis die eigentliche Endtemperatur erreicht ist. Außerdem kann es auch Halteplateaus bei irgendeinem beliebigen oder mehreren Temperaturniveaus geben. Es wird davon ausgegangen, daß in einigen Fällen, wenn die Glüh-temperatur steigt, eine unabhängige Lösungsglühbehandlung nicht erforderlich zu sein braucht und anstelle dessen entsprechend der Darstellung in Fig. 3 als Teil der Rampenglühbehandlung einbezogen wird, oder das Produkt kann gekühlt und einer separaten Lösungsglühbehandlung, Abschreckung und Alterung unterzogen werden. Die Zeit von Beginn der Rampenglühbehandlung bis zur Endtemperatur kann mit 2 Stunden oder noch weniger kurz sein und bis zu 20 Stunden oder mehr betragen. Durchaus geeignet ist eine Zeitdauer im Bereich von 3 bis 10 Stunden, wobei sich eine Zeitdauer von 4 bis 8 Stunden als nützlich erwiesen hat.

Die Anwendung der isothermen Durchwärmung und Rampenglühbehandlung entsprechend der vorliegenden Offenbarung hat sich als durchaus als vorteilhaft erwiesen, da dieser Prozeß einigermaßen unempfindlich gegenüber den beim Bearbeiten des Blockes eingesetzten Praktiken zu sein scheint.

Bei bestimmten Legierungen kann es zum Erhalten eines nichtrekristallisierten Produktes wünschenswert sein, diese Prozesse zu kombinieren, d.h. die Rampenglühbehandlung kann zusätzlich zur Ausscheidungswärmebehandlung zwischen den Bearbeitungsschritten eingesetzt werden, wobei diese Kombination in den Schutzzumfang der vorliegenden Erfindung einbezogen wird.

Damit läßt sich ein nichtrekristallisiertes Feinblech oder Folien-Produkt in einem dritten Aspekt der vorliegenden Erfindung erzeugen.

Unter "nichtrekristallisiert" wird das Fehlen gut entwickelter Körner und das Fehlen einer gut ausgearbeiteten Struktur mit einem Gehalt von erholtem Subkorn und einer Bewahrung der bearbeiteten kristallographischen Textur verstanden, d.h. mindestens 60 % des Bleches oder der Folie sind frei von gut entwickelten Körnern oder bewahren die fertig bearbeitete Textur. In diesem Prozeß sollten die thermomechanischen Schritte sorgfältig kontrolliert werden. Daher wird nach dem Homogenisieren des Blockes und dem Warmwalzen zu einer Plattenabmessung das Warmwalzen bei Temperaturen im Bereich von 260 °C ... 482 °C (500 °F ... 900 °F) ausgeführt, die Platte auf eine Temperatur normalerweise im Bereich von 343 °C ... 482 °C (650 °F ... 900 °F) und vorzugsweise auf 343 °C oder 371 °C ... 427 °C (650 °F oder 700 °F ... 800 °F) (je nach Zusammensetzung) zum Zwecke der Auflösung oder teilweisen Auflösung von Partikeln erneut erwärmt, die während der vorangegangenen thermomechanischen Behandlung ausgeschieden wurden. Das Wiedererwärmen kann in einer kurzen Zeit bis zu einer viertel oder halben Stunde bei der Temperatur ausgeführt und für 4 Stunden oder darüber hinaus ausgedehnt werden. Normalerweise sind längere Zeiten jedoch nicht erforderlich. Danach wird die Platte mit einer ausreichenden Geschwindigkeit gekühlt, um die aufgelösten Elemente in Lösung zu halten. Vorzugsweise wird die Platte mit kaltem Wasser abgeschreckt oder rasch gekühlt. Danach wird die Platte einer Ausscheidungswärmebehandlung bei erhöhter

Temperatur unterzogen, um die Partikel in einer kontrollierten Form auszuscheiden. Die Ausscheidungswärmebehandlung kann bei einer Temperatur im Bereich von 93 °C ... 288 °C (200 °F ... 550 °F) und vorzugsweise 177 °C ... 260 °C (350 °F ... 500 °F) ausgeführt werden, wobei typische Temperaturen 204 °C ... 260 °C (400 °F ... 500 °F) sind. Die Zeiten für die Ausscheidungswärmebehandlung können bei dieser Temperatur im Bereich von 5 bis 20 Stunden oder länger liegen, wobei Zeiten von 9 bis 15 Stunden durchaus geeignet sind. Nach der Ausscheidungswärmebehandlung wird die Platte zu Feinblech oder Folien-Material umgeformt oder gewalzt. Der Begriff "Feinblech" bezieht sich auf eine Dicke von mindestens 0,318 cm (0,125 inch), und typischerweise 0,64 cm (0,25 inch) oder mehr. Die Dicke ((der Platte)) kann bis zu 1,3 cm (0,5 inch) oder mehr erreichen, beispielsweise 1,9 oder 2,5 cm (0,75 oder 1,0 inch) oder sogar 3,18 cm (1,25 inch).

Obgleich sich die Platte bei diesen Temperaturen kaltwalzen läßt, wird bevorzugt, daß die Platte auf eine Fertigdicke, z.B. die von Feinblech oder Folie, unter Anwendung der Praktiken des Warmwalzens gewalzt wird. Daher wird vorzugsweise ein Warmwalzen bei einer Temperatur von nicht mehr als 288 °C (550 °F) ausgeführt. Außerdem beträgt die Temperatur vorzugsweise, bei der das Warmwalzen beginnt, nicht weniger als 93 °C (200 °F). Normalerweise kann das Warmwalzen bei der Temperatur der Ausscheidungswärmebehandlung beginnen. Vorzugsweise sollte die Warmwalztemperatur nicht die Temperatur der Ausscheidungswärmebehandlung überschreiten. Diese Temperaturen liegen daher im Bereich von etwa 177 °C ... 260 °C (350 °F ... 500 °F). Diese Praxis des Warmwalzens steht im Gegensatz zu der bekannter Ausführungen, wonach gelehrt wird, daß Warmwalztemperaturen wesentlich höher sein sollten, normalerweise oberhalb von etwa 399 °C (750 °F).

Wahlweise wird das Blech oder Folien-Produkt einer Lösungsglühbehandlung unterzogen und beispielsweise durch Abschrecken mit kaltem Wasser gekühlt.

Die Lösungsglühbehandlung wird vorzugsweise bei einer

Temperatur im Bereich von 427 °C ... 566 °C (800 °F ... 1.050 °F) erreicht und eine nichtrekristallisierte Kornstruktur erzeugt. Im allgemeinen können die Zeiten bei diesen Temperaturen für Folienstärke kürzer sein, z.B. sind 5 Minuten oder weniger ausreichend. Bei Feinblech von 1,3 cm (0,5 inch) kann die Zeit bei (dieser) Temperatur eine viertel bis 5 Stunden und typischerweise 2 Stunden betragen.

Um darüber hinaus die angestrebte Festigkeit und Bruchzähigkeit zu gewähren, die für das Endprodukt und für die Verfahrensschritte beim Umformen dieses Produkts erforderlich sind, sollte das Produkt rasch abgeschreckt werden, um eine unkontrollierte Ausscheidung von sich verfestigenden Phasen zu vermeiden oder auf ein Minimum herabzusetzen. Das bedeutet, daß in der Praxis der vorliegenden Erfindung eine Abschreckgeschwindigkeit von mindestens 55,6 °C (100 °F) pro Sekunde von der Lösungstemperatur bis zu einer Temperatur von etwa 93 °C (200 °F) oder darunter bevorzugt wird. Eine bevorzugte Abschreckgeschwindigkeit beträgt mindestens 111,2 °C (200 °F) pro Sekunde in dem Temperaturbereich von 482 °C (900 °F) oder darüber und bis zu 93 °C (200 °F) oder weniger. Nachdem das Metall eine Temperatur von etwa 93 °C (200 °F) erreicht hat, kann es luftgekühlt werden.

Nach dem Abschrecken des erfindungsgemäßen Legierungsproduktes kann es einer nachfolgenden Alterungsbehandlung unterzogen werden, um die Kombination von Bruchzähigkeit und Festigkeit zu gewähren, die in der Luftfahrt so besonders angestrebt wird. Zu einer weiteren Erhöhung der praktischen Fließgrenze kann eine künstliche Alterung vorgenommen werden, indem die Folie oder das Blech oder das Walzprodukt einer Temperatur im Bereich von 66 °C ... 204 °C (150 °F ... 400 °F) für eine ausreichende Zeitdauer ausgesetzt wird. Einige Zusammensetzungen des Legierungsproduktes lassen sich künstlich auf eine praktische Fließgrenze bis zu 690 MPa (100 ksi) altern. Brauchbare Festigkeiten liegen jedoch im Bereich von 483 ... 621 MPa (70 ... 90 ksi) und die entsprechende Bruchzähigkeit im Bereich von 18 ... 46 MPa√m (20 ... 50

ksiv/in). Vorzugsweise wird die künstliche Alterung ausgeführt, indem das Legierungsprodukt einer Temperatur im Bereich von 135 °C ... 191 °C (275 °F ... 375 °F) für eine Dauer von mindestens 30 Minuten ausgesetzt wird. Eine geeignete Alterungsbehandlung ist eine Behandlung von etwa 8 ... 24 Stunden bei einer Temperatur von etwa 163 °C (325 °F). Ferner ist festzustellen, daß das erfindungsgemäße Legierungsprodukt jeder beliebigen typischen Behandlung der Überalterung oder Unteralterung bekannter Ausführung unterzogen werden kann, einschließlich dem natürlichen Altern. Gegenwärtig wird jedoch angenommen, daß das natürliche Altern den geringsten Nutzen bringt. Obgleich hierin auf einzelne Alterungs-Verfahrensschritte Bezug genommen wurde, kommen auch mehrfache Alterungs-Verfahrensschritte in Betracht, wie beispielsweise 2 oder 3 Alterungs-Verfahrensschritte, und es können vor oder selbst nach diesen mehrfachen Alterungs-Verfahrensschritten ein Streckformen oder ein äquivalentes Umformen dazu zum Einsatz gelangen.

Obgleich die Erfindung in bezug auf Folie und Blech beschreiben wurde, wird davon ausgegangen, daß ihre Anwendung nichtnotwendigerweise darauf beschränkt ist. Das bedeutet, daß das Verfahren auf Strangpreßteile und Schmiedestücke angewendet werden kann, die die hierin angegebenen Legierungszusammensetzungen haben oder auf diese Behandlungen ansprechen. Für die Aufgaben des Strangpressens ist es im Gegensatz zum Walzen nicht schwierig, den Block warm zu halten, jedoch wegen der geringen Strangpreßgeschwindigkeiten unwirtschaftlich. Dementsprechend haben Strangpreßteile normalerweise eine rekristallisierte Struktur. Um nach der vorliegenden Erfindung ein nichtrekristallisiertes Strangpreßteil zu schaffen, müßten in den Prozeß zwei oder mehrere Strangpreßschritte einbezogen werden. Das bedeutet, daß der Block nach dem Erreichen einer Blocktemperatur von etwa 371 °C ... 427 °C (700 °F ... 800 °F) auf einen Zwischenquerschnitt gezogen wird, z.B. um die Fläche um 75 % zu verringern. Danach wird das teilweise stranggepreßte Material einem Schritt des Wiedererwärmens

beispielsweise unter dem hierin für die Platte angegebenen gleichen Bedingungen unterzogen. Außerdem wird es gekühlt und einer Ausscheidungsbehandlung bei erhöhter Temperatur unterzogen, wie hierin beispielsweise für die Platte angegeben wurde. Danach wird das partiell stranggespreßte Teil weiter umgeformt oder zu einer Produktform stranggepreßt, vorzugsweise unter Einsatz der Durchwärmtemperaturen beispielsweise unter den gleichen Bedingungen, wie sie für die auf Fertigdicke zu walzende Platte angegeben wurden. Danach kann das Strangpreßteil einer Lösungsglühbehandlung unterzogen werden, abgeschreckt und gealtert werden, um ein nichtrekristallisiertes Strangpreßteil aus Aluminiumlegierung zu erzeugen. Da die Verfahrensschritte zur Formung von Schmiedestücken oftmals wiederholt werden, kann das Schmieden unter Einbeziehung der für das Flachwalzprodukt angegebenen Prozeduren ausgeführt werden, um ein nichtrekristallisiertes geschmiedetes Produkt aus Aluminiumlegierung zu erzeugen. Es wird davon ausgegangen, daß die Verfahrensschritte des Walzens, Strangpressens oder Schmiedens zur Erzeugung eines nichtrekristallisierten Produkts kombiniert werden können.

Diese Praxis der Rampenglühbehandlung ist zur Verwendung bei vielen Anwendungen geeignet. Das bedeutet, sie läßt sich verhältnismäßig erfolgreich unabhängig von den früheren thermomechanischen Behandlungen anwenden. Beispielsweise kann sie bei Feinblech zur Anwendung gelangen, wo die Platte bis zu einem Blecherzeugnis entsprechend der vorstehenden Beschreibung wiedererwärmt, abgeschreckt, wärmebehandelt und warmgewalzt wurde, um ein durch und durch oder vollständig nicht rekristallisiertes Produkt zu erzeugen (siehe Beispiel 3).

Beispiel 1

Es wurde eine Aluminiumlegierung, im wesentlichen bestehend aus (in Gewichtsprozent) 10 Zn, 1,8 Mg, 1,5 Cu und 0,12 Zr, Rest im wesentlichen Aluminium und Verunreinigungen, zu einem zum Walzen geeigneten Block vergossen. Der Block wurde homogenisiert und bei etwa 427 °C (800 °F)

zu einer Platte einer Dicke von 3,8 cm (1,5 inch) warmgewalzt. Die Platte wurde in mehrere Stücke geschnitten, die auf eine Temperatur von 399 °C ... 471 °C (750 °F ... 880 °F) erhitzt und danach beginnend bei etwa 399 °C (750 °F) zu einem 0,76 cm (0,3 inch) dicken Blech warmgewalzt wurde. Die Proben erhielten eine Rampenglühbehandlung, beginnend bei einer Temperatur von 388 °C (730 °F) und endend bei 427 °C (800 °F) mit einer Erwärmungsgeschwindigkeit von etwa 5,6 °C/h (10 °F/h). Nach der Glühbehandlung wurden diese Proben gemeinsam mit nichtgeglühten Proben bis zu 471 °C (880 °F) erhitzt und bei dieser Temperatur für 1 Stunde einer Lösungsglühbehandlung unterzogen und danach in kaltem Wasser abgeschreckt (siehe die Darstellung in Fig. 1). Die Untersuchung der Mikrostruktur ergab, daß der Rekristallisationsgrad der Proben mit Rampenglühbehandlung im Vergleich zu der Mikrostruktur der Proben, die keine Glühbehandlung in dieser Form erhalten hatten, erheblich reduziert wurde.

Beispiel 2

Es wurden Proben von 0,76 cm (0,3 inch) Blech entsprechend der Zusammensetzung und der Herstellung nach Beispiel 1 beginnend bei einer Temperatur von 204 °C (400 °F) und endend bei einer Temperatur von 427 °C (800 °F) einer Rampenglühbehandlung unterzogen, wobei die Temperaturzunahme über 4 Stunden ausgeführt wurde (siehe Fig. 2). Diese Proben wurden wie in Beispiel 1 einer Lösungsglühbehandlung unterzogen. Die Untersuchung der Mikrostruktur zeigte eine grundsätzlich nichtrekristallisierte Kornstruktur.

Beispiel 3

Diese Probe von 0,76 cm (0,3 inch) Blech hatte die gleiche Zusammensetzung und wurde behandelt wie in Beispiel 2 mit der Ausnahme, daß vor dem Warmwalzen zu 0,76 cm (0,3 inch) dickem Blech die Probe bis 399 °C (750 °F) für etwa eine halbe Stunde wiedererwärmt, in Wasser abgeschreckt und sodann bei 204 °C (400 °F) für 12 Stunden einer Ausscheidungswärmebehandlung unterzogen und beginnend bei einer Temperatur von 204 °C (400 °F) zu 0,76 cm (0,3 inch) dickem

Blech warmgewalzt wurde. Die Mikrostruktur dieser Probe ergab eine vollständig nichtrekristallisierte Kornstruktur.

Beispiel 4

Es wurde eine Aluminiumlegierung, bestehend im wesentlichen aus (in Gewichtsprozent) 10 Zn, 1,8 Mg, 1,5 Cu und 0,12 Zr, Rest im wesentlichen Aluminium und Verunreinigungen, zu einem zum Walzen geeigneten Block vergossen. Der Block wurde homogenisiert und zu einer 3,8 cm (1,5 inch) dicken Platte gewalzt. Die Platte wurde in mehrere Stücke geschnitten, die bei Temperaturen von 399 °C ... 471 °C (750 °F ... 880 °F) Glühbehandlungen unterzogen wurde und danach zu einem 0,76 cm (0,3 inch) Blech warmgewalzt wurden. Danach wurde das 0,76 cm (0,3 inch) Blech für 16 Stunden bei 204 °C (400 °F) isotherm durchgewärmt und danach einer Rampenglühbehandlung beginnend bei 204 °C (400 °F) und endend bei 427 °C (800 °F) unterzogen, wobei der Temperaturanstieg über 4 Stunden ausgeführt wurde. Danach wurde das 0,76 cm (0,3 inch) Blech einer Lösungsglühbehandlung bei 471 °C (880 °F) für 1 Stunde, gefolgt von einem Abschrecken in kaltem Wasser, unterzogen. Die Untersuchung der Mikrostruktur zeigte nichtrekristallisierte Kornstrukturen, mit denen die Wirksamkeit des isothermen Durchwärmens und der Rampenglühbehandlung zur Vermeidung der Rekristallisation demonstriert wird.

Beispiel 5

Es wurde eine Aluminiumlegierung mit der Zusammensetzung (in Gewichtsprozent) 10 Zn, 1,8 Mg, 1,5 Cu und 0,12 Zr, Rest im wesentlichen Aluminium und Verunreinigungen, zu einem zum Walzen geeigneten Block vergossen. Der Block wurde homogenisiert und danach bei etwa 427 °C (800 °F) zu einer 3,8 cm (1,5 inch) dicken Platte warmgewalzt. Danach wurde die Platte für 30 Minuten bei 399 °C (750 °F) einer Glühbehandlung unterzogen und in kaltem Wasser abgeschreckt. Die Platte wurde sodann für 12 Stunden bei 204 °C (400 °F) einer Ausscheidungswärmebehandlung unterzogen. Danach wurde die Platte bei etwa 204 °C (400 °F) zu einem 0,76 cm (0,3 inch) dicken Blech gewalzt und danach einer Lösungsglüh-

behandlung bei 471 °C (880 °F) für 1 Stunde unterzogen und in kaltem Wasser abgeschreckt. Die Untersuchung ergab, daß die Mikrostruktur im wesentlichen eine nichtrekristallisierte Mikrostruktur war. Ein Vergleich identischer Proben, die nicht gealtert worden waren, jedoch unmittelbar nach der Glühbehandlung bei 399 °C (750 °F) zu 0,76 cm (0,3 inch) Blech gewalzt wurden, zeigt einen hohen Rekristallisationsgrad. Damit wird ersichtlich, daß die thermomechanische Bearbeitung nach der vorliegenden Erfindung ein nichtrekristallisiertes Feinblech oder Folienprodukt vom Typ der Aluminiumlegierungen Al-Zn-Mg oder Al-Zn-Mg-Cu erzeugen kann.

89911810.4-2309

689 27 149.2-08

Patentansprüche

1. Verfahren zum Erzeugen eines nichtrekristallisierten, wärmebehandelten, dünnen, flachgewalzten Produktes auf Aluminiumbasis mit verbesserten Werten der Festigkeit und Bruchzähigkeit, welches Verfahren die Schritte umfaßt:

(a) Bereitstellen eines Körpers einer wärmebehandlungsfähigen Legierung auf Aluminiumbasis vom Typ der Reihen 7.000, 6.000 oder 2.000, die kein zugesetztes Lithium enthält;

(b) Bearbeiten des Körpers zu einem Knetprodukt;

(c) das Produkt einer Rampenglühbehandlung unterziehen;
und

(d) Lösungsglühen, Abschrecken und Altern des auf Fertigdicke flachgewalzten Produktes, um ein weitgehend nichtrekristallisiertes Produkt mit verbesserten Werten der Festigkeit und Bruchzähigkeit zu schaffen.

2. Verfahren nach Anspruch 1, bei welchem die Glühtemperatur ausgewählt wird wie folgt:

(1) das Rampenerhitzen beim Glühen beginnt bei einer Temperatur von nicht mehr als 399 °C (750 °F);

(2) das Rampenerhitzen beim Glühen beginnt bei einer Temperatur von nicht mehr als 204 °C (400 °F);

(3) das Rampenerhitzen beim Glühen endet bei einer Temperatur im Bereich von 343 ° ... 454 °C (650 ° ... 850 °F); oder

(4) das Rampenerhitzen beim Glühen beginnt bei einer Temperatur im Bereich von 177 ° ... 232 °C (350 ° ... 450 °F) und wird auf eine Temperatur im Bereich von 399 ° ... 450 °C (750 °F ... 850 °F) über eine Dauer von etwa 2 ... 8 Stunden erhöht, und/oder die Temperatur des Rampenerhitzens beim Glühen wird mit einer Geschwindigkeit von 1,1 °C/h ... 55,6 °C/h (2 °CF/h ... 100 °F/h) erhöht.

3. Verfahren nach Anspruch 1, bei welchem das Produkt vor dem Rampenglühen einem isothermen Durchwärmen unterzogen wird.

4. Verfahren nach Anspruch 1, bei welchem das Bearbeiten die folgenden Schritte umfaßt:

- (1) Warm(um)formen des Körpers zu einer ersten Knetlegierung;
- (2) Wiedererwärmen des ersten Knetproduktes;
- (3) Kühlen des ersten Knetproduktes;
- (4) Wärmebehandeln des ersten Knetproduktes;
- (5) weiteres Warmformen des ersten Knetproduktes, um ein zweites Knetprodukt zu erzeugen.

5. Verfahren zum Erzeugen eines nichtrekristallisierten Knetlegierungsproduktes auf Aluminiumbasis mit verbesserten Werten der Festigkeit und Bruchzähigkeit, welches Verfahren die Schritte umfaßt:

- (a) Bereitstellen eines Körpers einer wärmebehandlungsfähigen Legierung auf Aluminiumbasis vom Typ der Reihen 7.000, 6.000 oder 2.000, die kein zugesetztes Lithium enthält;
- (b) Bearbeiten des Körpers zu einem Knetprodukt;
- (c) das Produkt einem isothermen Durchwärmen unterziehen;
- (d) sodann das Produkt einer Rampenglühbehandlung unterziehen, bei der die Glühtemperatur während der Glühdauer erhöht wird; und
- (e) Lösungsglühen, Abschrecken und Altern des Produktes, um ein weitgehend nichtrekristallisiertes Knetprodukt mit verbesserten Werten der Festigkeit und Bruchzähigkeit zu schaffen.

6. Verfahren nach Anspruch 5, bei welchem die Glühtemperatur ausgewählt wird wie folgt:

- (1) die Abschlußtemperatur beträgt 343 °C ... 482 °C (650 °F ... 900 °F) oder
- (2) die Ausgangstemperatur ist kleiner als 149 °C (300 °F) und die Abschlußtemperatur 371 ° ... 482 °C (700 ° ... 900 °F), und /oder die Temperatur wird bei 1,1 ... 69,4 °C pro Stunde (2 ° ... 125 °F pro Stunde) erhöht.

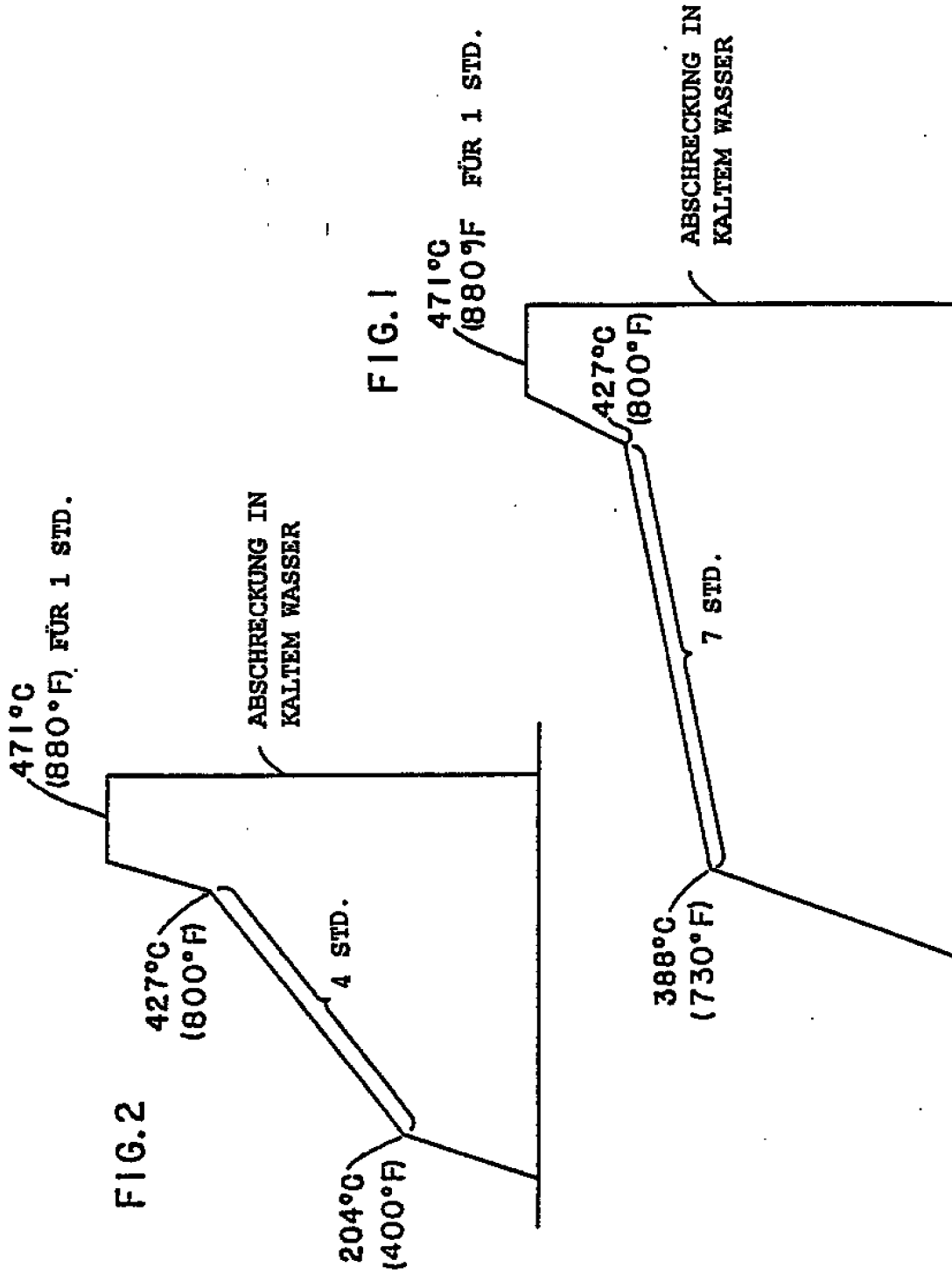
7. Verfahren nach Anspruch 5, bei welchem das isotherme Durchwärmen bei einer Temperatur im Bereich von 149 ° ...

260 °C (300 ° ... 500 °F) erfolgt und /oder die Dauer des Durchwärmens ausgewählt wird aus:

- (1) mindestens 3 Stunden;
- (2) mindestens 4 Stunden;
- (3) einer Dauer im Bereich von 4 24 Stunden.

8. Verfahren zum Erzeugen eines nichtrekristallisierten wärmebehandelten Knetproduktes auf Aluminiumbasis mit verbesserten Werten der Festigkeit und Bruchzähigkeit, welches Verfahren die Schritte umfaßt:

- (a) Bereitstellen eines Körpers einer wärmebehandlungsfähigen Legierung auf Aluminiumbasis vom Typ der Reihen 7.000, 6.000 oder 2.000, die kein zugesetztes Lithium enthält;
- (b) Warm(um)formen des Körpers zu einem ersten Knetprodukt;
- (c) Wiedererwärmen des ersten Knetproduktes;
- (d) Kühlen des ersten Knetproduktes;
- (e) Wärmebehandeln des ersten Knetproduktes;
- (f) weiteres Warmformen des ersten Knetproduktes, um ein zweites Knetprodukt zu erzeugen; und
- (g) Lösungsglühen, Abschrecken und Altern des zweiten Knetproduktes, um ein weitgehend nichtrekristallisiertes Produkt mit verbesserten Werten der Festigkeit und Bruchzähigkeit zu schaffen.



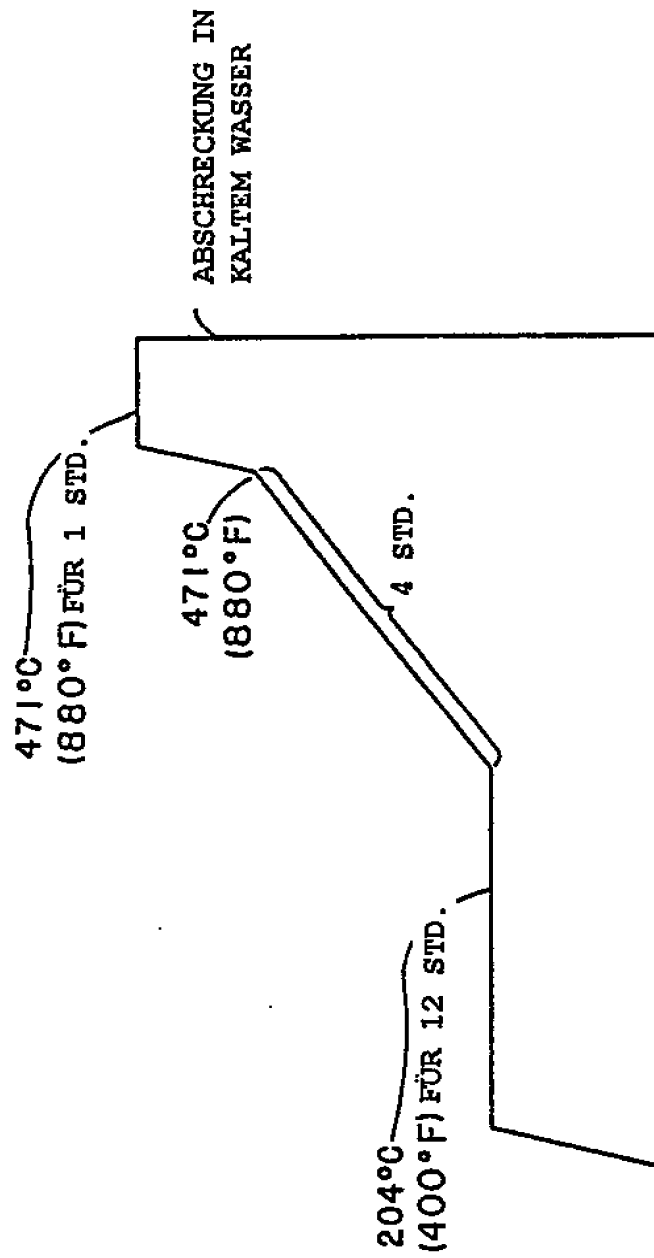


FIG. 3

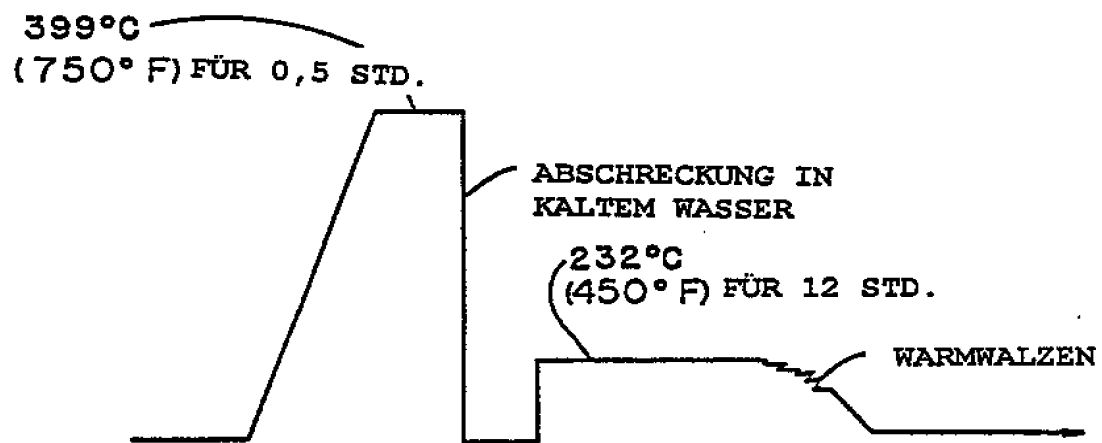


FIG. 4